

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/019119

International filing date: 18 October 2005 (18.10.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-306672
Filing date: 21 October 2004 (21.10.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2006 (17.02.2006)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 1 0 月 2 1 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 3 0 6 6 7 2

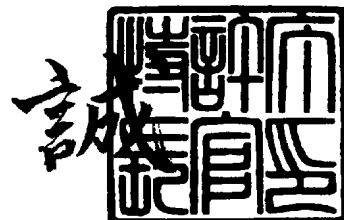
パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
J P 2 0 0 4 - 3 0 6 6 7 2
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2 0 0 6 年 2 月 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中 嶋



【書類名】	特許願
【整理番号】	2621560022
【提出日】	平成16年10月21日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	B23K 9/12
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社内
【氏名】	中田 広之
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社内
【氏名】	向井 康士
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社内
【氏名】	池田 達也
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社内
【氏名】	古和 将
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社内
【氏名】	本内 保義
【特許出願人】	
【識別番号】	000005821
【氏名又は名称】	松下電器産業株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100097445
【弁理士】	
【氏名又は名称】	岩橋 文雄
【選任した代理人】	
【識別番号】	100103355
【弁理士】	
【氏名又は名称】	坂口 智康
【選任した代理人】	
【識別番号】	100109667
【弁理士】	
【氏名又は名称】	内藤 浩樹
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	011305
【納付金額】	16,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【包括委任状番号】	9809938

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

溶接ワイヤを溶接トーチへ送給するワイヤ送給手段と、前記溶接トーチを保持し、かつ溶接トーチを移動するアクチュエータと、位置制御系を有しており前記アクチュエータを駆動制御する制御装置と、被溶接物と溶接ワイヤとの間に溶接出力を加える溶接電源装とを備えた溶接システムであって、前記アクチュエータにより溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に移動し、溶接ワイヤの被溶接物に対する速度を制御し、前記制御装置は、前記位置制御系とは別に、溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に前記アクチュエータを移動する専用の引き離し制御系を備える溶接システム。

【請求項 2】

引き離し制御系は、フィードフォワード制御を行う請求項 1 記載の溶接システム。

【請求項 3】

引き離し制御系は、溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に移動する際にのみ用いる請求項 1 または 2 記載の溶接システム。

【請求項 4】

溶接ワイヤを溶接トーチへ送給するワイヤ送給手段と、前記溶接トーチを保持し、かつ溶接トーチを移動するアクチュエータと、位置制御系を有しており前記アクチュエータを駆動制御する制御装置と、被溶接物と溶接ワイヤとの間に溶接出力を加える溶接電源装置を備えた溶接システムを用いて、前記アクチュエータにより溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に移動し、溶接ワイヤの被溶接物に対する速度を制御する消耗電極式溶接方法であって、前記制御装置は、前記位置制御系とは別に、溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に前記アクチュエータを移動する専用の引き離し制御系を備える消耗電極式溶接方法。

【請求項 5】

引き離し制御系は、フィードフォワード制御を行う請求項 4 記載の消耗電極式溶接方法。

【請求項 6】

引き離し制御系は、溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に移動する際にのみ用いる請求項 4 または 5 記載の消耗電極式溶接方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 溶接システムおよび溶接用ロボットの制御方法

【技術分野】

【０００１】

本発明は、モータにより駆動される溶接用ロボットの位置制御における制御方法に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

近年、溶接業界では国際的な競争力を確保するために更なる生産性向上の努力が日々続けられている。特に生産ラインを停止させる軽微なトラブルである所謂「チョコ停」の削減やタクトタイムの短縮に対する要求は以前にも増して高まってきている。

【０００３】

「チョコ停」の原因には様々な要因が考えられるが、最も大きな原因はアークスタートの不良に起因するトラブルである。

【０００４】

このため、従来の消耗電極式溶接方法におけるアークスタートでは、開始信号が外部から入力されると、ロボットマニピュレータを移動させることによって溶接トーチを予め教示された溶接開始位置まで移動させた後に、ワイヤの送給は停止したままでロボットマニピュレータによって溶接トーチを略溶接ワイヤの送給方向に移動させてワイヤ先端を前記被溶接物に近づけていき、ワイヤ先端が被溶接物に接触したことを判別すると予め定めた小電流値の初期電流を溶接電源装置から通電すると共に溶接トーチを略溶接ワイヤの送給方向とは逆方向に移動させて前記ワイヤ先端を前記被溶接物から遠ざける後退移動を行い、後退移動によってワイヤ先端と被溶接物とが離れると初期電流が通電するアークが発生して、初期アーク発生状態を維持したままで後退移動を継続し溶接トーチが溶接開始位置に復帰すると後退移動から予め教示された溶接方向への移動に切り換えて、同時に溶接ワイヤの送給を開始すると共に定常の溶接電流を通電することによって初期アーク発生状態から定常のアーク発生状態へと移行させるものが知られている（例えば特許文献１参照）。

【０００５】

図４は上述した消耗電極式溶接方法を行うロボットを用いた溶接システムの概略全体構成図である。

【０００６】

図４において、１０１は消耗電極である溶接ワイヤであり、ワイヤースプール１０２からワイヤ送給モータ１０３により溶接トーチ１０４の方向に繰り出されるようになっている。

【０００７】

１０５は溶接電源装置で、この溶接電源装置１０５は溶接トーチ１０４および溶接チップ１０６を経由して溶接ワイヤ１０１と被溶接物である母材１０７との間に所定の溶接電流 I 及び溶接電圧 V を印加し、アーク１０８を発生させるとともにワイヤ送給モータ１０３を制御して溶接施工を行うようにしている。

【０００８】

１０９はロボットマニピュレータで、このロボットマニピュレータ１０９は溶接トーチ１０４を保持し、溶接開始位置（図示せず）に位置決めを行うと共に溶接線（図示せず）に沿って溶接トーチ１０４を移動させるものである。

【０００９】

また、ロボットマニピュレータ１０９はロボット制御装置１１０により制御されるが、ロボット制御装置１１０は溶接電源装置１０５との間で双方向通信 S を行い、溶接電流 I や溶接電圧 V などの溶接諸条件や、溶接の開始や終了指令を送信するものである。

【００１０】

以上のように構成された溶接システムにおける消耗電極式溶接方法について、図５のタ

タイムチャートを用いて説明する。

【 0 0 1 1 】

図 5 は、縦方向に、溶接トーチの移動速度 $T V$ 、溶接ワイヤの送給速度 $W F$ 、短絡判定信号 A / S 、溶接電流 I 、溶接電圧 V の各状況を表し、また、横軸は時間を表すものであり、タイミングとして、溶接開始信号がロボット制御装置 1 1 0 から溶接電源装置 1 0 5 に送信された時点を $T S 0 '$ としており、以後 $T S 1 '$ から $T S 5 '$ は後述するようなそれぞれのタイミングを表している。

【 0 0 1 2 】

まず、ロボット制御装置 1 1 0 は、溶接開始信号を溶接電源装置 1 0 5 に送信すると共に、ロボットマニピュレータ 1 0 9 を起動して溶接トーチ 1 0 4 を母材 1 0 7 に向かって加速し、溶接トーチ 1 0 4 の速度が初期トーチ速度 $T V 0$ に達するとロボットマニピュレータ 1 0 9 の加速を停止し、一定速度で溶接トーチ 1 0 4 の降下を継続する。

【 0 0 1 3 】

また、溶接電源装置 1 0 5 はロボット制御装置 1 1 0 から溶接開始信号を受信すると、溶接ワイヤ 1 0 1 と母材 1 0 7 との間に無負荷電圧 $V 0$ を印加する。

【 0 0 1 4 】

やがて時刻 $T S 1 '$ において、溶接ワイヤ 1 0 1 と母材 1 0 7 が接触すると溶接電源装置 1 0 5 の内部にある短絡判定手段（図示せず）により、短絡判定信号 A / S が出力される。

【 0 0 1 5 】

この短絡判定信号 A / S は双方向通信 S によってロボット制御装置 1 1 0 に伝達され、ロボット制御装置 1 1 0 は直ちにロボットマニピュレータ 1 0 9 を減速停止させ、時刻 $T S 2 '$ において、ロボットマニピュレータ 1 0 9 の動作、すなわち溶接トーチ 1 0 4 の速度がゼロとなる。

【 0 0 1 6 】

その後、ロボット制御装置 1 1 0 は直ちにロボットマニピュレータ 1 0 9 の動作を反転させ溶接トーチ 1 0 4 が母材 1 0 7 から離れる方向への動作を開始し、溶接トーチ 1 0 4 の引き上げ動作を行う。

【 0 0 1 7 】

この時刻 $T S 1 '$ から $T S 3 '$ の間は初期短絡期間であり、この間、ロボットマニピュレータ 1 0 9 が減速して速度がゼロとなる時刻 $T S 2 '$ までの間はワイヤ 1 0 1 を母材 1 0 7 に押しつけることになるが、時刻 $T S 2 '$ 以降はロボットマニピュレータ 1 0 9 の動作が反転するので押しつけ量は減少して行き、やがて時刻 $T S 3 '$ の時点で短絡が解除される。

【 0 0 1 8 】

この短絡が解除される時刻 $T S 3 '$ のタイミングは、溶接トーチ 1 0 4 の速度を表す $T V$ の線が示す溶接ワイヤ 1 0 1 の押し付け量となる三角形 $a b c$ の面積よりも引き上げ量となる三角形 $c d e$ の面積が上回った時点で発生する。

【 0 0 1 9 】

なお、溶接電源装置 1 0 5 は、時刻 $T S 1 '$ において初期短絡が発生すると溶接電流 I を $I 1 '$ に制御し、所定の時間経過後に電流を $I 2 '$ に増加して短絡開放を待つ。

【 0 0 2 0 】

この初期短絡期間の第 1 段階として、溶接電流を比較的低く設定された $I 1 '$ に制御するの理由は、初期短絡によって溶接ワイヤ 1 0 1 の先端部のジュール加熱により溶接ワイヤ 1 0 1 が溶融し、アークの発生と同時に溶融した溶接ワイヤ 1 0 1 が飛散してスパッタとなるのを防止するためである。

【 0 0 2 1 】

また、電流を $I 1 '$ から $I 2 '$ に変化させる理由は、時刻 $T S 3 '$ で短絡解放時にアークを発生させるのに十分なエネルギーを与えるためである。

【 0 0 2 2 】

時刻TS3'において、アークが発生すると、溶接電源装置105はワイヤ送給モータ103を起動して溶接ワイヤ101を母材107に向かって加速し、溶接ワイヤ101の速度が本溶接用の溶接ワイヤ速度に達するまで加速を継続し、本溶接用の溶接ワイヤ速度に到達した後は、一定速度で溶接ワイヤ101の送給を継続する。

【0023】

また、溶接電源装置105はワイヤ送給モータ103の起動と合わせてアーク電流Iをアーク初期電流I3'に一定時間制御した後、第2の初期電流I4へと制御し、その後、本溶接出力（図示せず）へと制御する。

【特許文献1】特開2002-205169号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

しかし、従来の消耗電極式溶接方法は、ロボットマニピュレータ109の反転動作を必要とする。すなわち、溶接ワイヤ101の先端が母材107に接触したことを判別すると前進移動していたロボットマニピュレータ109の減速を開始し、一端停止した後に後進方向に反転加速するため、ロボットマニピュレータ109の応答時間および加減速時間が必要となる。

【0025】

ロボットマニピュレータ109は、一般的には減速機を介してモータによって駆動されるので、TS2'で速度が反転する際に、減速機のガタ（噛み合わせの遊び）やバネ成分、摩擦の不連続性等により振動が発生する。

【0026】

そして、この振動により、溶接ワイヤ101が母材107に必要以上に押しつけられる可能性があり、溶接ワイヤ101が挫屈する危険性がある。

【0027】

また、ロボットマニピュレータ109の応答性が悪く、溶接トーチ104の速度指令と実速度間に遅れが発生する場合においても、TS1'で短絡検出してからTS2'で速度が減速して反転するまでの時間が延び、溶接ワイヤ101が母材107に必要以上に押しつけられる可能性があり、溶接ワイヤ101が挫屈する危険性がある。

【0028】

ここで、ロボットマニピュレータ109の応答性を決めるのが、ロボット制御装置110内に構成される位置制御ループであり、この構成を図6に示す。

【0029】

図6において、溶接トーチ104に所望の軌跡を動作させる時、逆キネマ演算により、ロボットマニピュレータ109を構成する各軸のモータ位置の軌跡を求め、その速度成分を速度ループ指令TVC201として、制御ループに入力する。

【0030】

なお、制御ループへの入力を、位置成分ではなく速度成分としている理由は、位置成分ではロボットの動作範囲を全て含む大きな有効桁数が必要となり、データ処理の負荷が重くなるためである。

【0031】

このトーチ速度指令TVC201を積分要素202で積分したトーチ位置指令TPC203を位置ループ216に入力する。

【0032】

ロボットマニピュレータ109に軌跡をティーチングする場合は、始点と終点の位置を指定することが一般的であり、位置ループ216が必要な理由は、速度ループ218のみでは、位置決めが正確にできないためである。

【0033】

そこで、一般的なフィードバック制御（以後、FB制御と示す）では、トーチ位置指令TPC203とモータ214に備えられた回転位置検出装置215から出力されるトーチ

位置フィードバック（以下F Bと省略して示す）信号T P F 2 0 4との差に、位置ループゲインK P P 2 0 5を乗じて、速度ループ指令T V C A 2 0 0を生成し、速度制御ループ2 1 8に入力する。

【0 0 3 4】

【数1】

$$TVCA = KPP \times (TPC - TPF)$$

速度制御ブロック2 1 8は、速度ループ指令T V C A 2 0 0とトーチ位置F B信号T P F 2 0 4を微分したトーチ速度F B信号T V F 2 0 8との差と、速度ループ比例ゲインK P S 2 0 9と、積分要素2 1 0と、速度ループ積分ゲインK I S 2 1 1とから、電流指令T C C 2 1 2を生成する。この電流指令T C C 2 1 2を受けた電流アンプ2 1 3が実際の電流をモータ2 1 4に流すことにより、マニピュレータ1 0 9を駆動する。

【0 0 3 5】

この状態では、一般的に、この位置ループ2 1 6により演算される速度ループ指令T V C A 2 0 0は、モータ位置指令T P C 2 0 3の速度成分であるトーチ速度指令T V C 2 0 1から位相が遅れた信号となる。このことが主因となり、トーチ速度F B信号T V F 2 0 8はトーチ速度指令T V C 2 0 1に十分追従できずに位相が遅れる。これを示したものが図7（a）である。

【0 0 3 6】

図7（a）では、トーチ速度指令T V C 2 0 1として、一般的な台形状に加速、一定速、減速を与えた例を示している。トーチ速度指令T V C 2 0 1に対し、トーチ速度F B信号T V F 2 0 8は十分追従できず、位相が遅れ、最大速度比で最大35.3%の誤差が発生している。

【0 0 3 7】

そこで、ロボットマニピュレータ1 0 9の応答性を良くするために、一般的に用いられる方式として、図9に示すフィードフォワード制御（以後、F F制御と示す）を追加する方式がある。

【0 0 3 8】

図9においては、図6の制御ブロックの位置制御ループ2 1 6内に、トーチ速度指令T V C 2 0 1に、速度F FゲインK F F 2 1 9で乗じて、（数1）で求めた速度ループ指令T V C A 2 0 0に加算するF F制御ブロック2 1 7を追加することにより、速度ループ指令をT V C B 2 0 6とする。

【0 0 3 9】

【数2】

$$TVCB = TVCA + KFF \times TVC$$

（数2）で計算されたT V C B 2 0 6を速度指令として速度制御ループ2 1 8に入力することで、後述するように、速度追従性が向上することが知られている。

【0 0 4 0】

なお、速度F FゲインK F F 2 1 9の範囲は、下記（数3）に示す通りである。

【0 0 4 1】

【数3】

$$0 \leq KFF \leq 1.0$$

なお、図9において、K F F = 0とすれば図6と等価である。

【0 0 4 2】

速度F FゲインK F F 2 1 9を大きくすれば、すなわち1に近づければ、速度追従性は改善するが、その反面オーバーシュートが大きくなる。これを示したものが、図7（b）、図7（c）である。

【0 0 4 3】

図7 (b) は $KFF = 0.5$ 、図7 (c) は $KFF = 1.0$ とした時のもので、トーチ速度指令 $TV C 2 0 1$ としては、図7 (a) と同じ波形を与えた場合を示している。

【0044】

マニピュレータ 109 の通常動作では、トーチ速度指令 $TV C 2 0 1$ の波形形状は、マニピュレータ 109 の負荷パラメータやモータ 214 の最大回転数、最大トルク等から予め決められており、追従遅れを加味した補正をリアルタイムには行わないことが一般的である。

【0045】

図8 (a) から (c) は、図7 (a) から (c) の縦軸をトーチ速度からトーチ位置へと変更したもので、終点位置を 100% としている。ここでも、速度と同様、速度 FF ゲイン $KFF 2 1 9$ を大きくして 1 に近づければ、位置のオーバーシュートが増大していることがわかる。

【0046】

そして、位置のオーバーシュートの増加は、以下の問題を招く。

【0047】

溶接終了後、ロボットマニピュレータ 109 は、溶接を完了した母材 107 の取り出しと新たな母材 107 の設置とを妨げない待避位置へ移動し、新たな母材 107 の設置後、母材 107 に近づく溶接開始点である $TS 0'$ 時の位置へ溶接トーチ 104 を移動させることが一般的である。この場合、溶接ワイヤ 101 の先端が母材 107 側へオーバーシュートすることなく停止することが好ましい。オーバーシュートすると、意図しない時点で溶接ワイヤ 101 の先端が母材 7 に接触し、溶接ワイヤ 101 の挫屈やスパッタ発生の可能性が発生する。

【0048】

つまり、待避位置から溶接開始点 $TS 0'$ への移動を考えれば、意図しない時点で溶接ワイヤ 101 の先端が母材 7 に接触しないように、母材 107 側へのオーバーシュートに関係する速度 FF ゲイン $KFF 2 1 9$ はそれほど大きくできないことがわかる。

【0049】

一方、図5で示す、従来のアークスタート処理における $TS 0'$ から $TS 2'$ の間では、後述するように、溶接ワイヤ 101 が母材 107 に接する $TS 1'$ で示される減速位置を予め教示することはできない。

【0050】

すなわち、溶接トーチ 104 からの溶接ワイヤ 101 の突き出し量や、母材 107 の形状誤差等によって、短絡する位置が一定では無いので、短絡判定信号 A/S により短絡検出をしてから減速することになる。

【0051】

ただし、以下では、説明を簡単にするために、溶接ワイヤ 101 の突き出し量や、母材 107 の形状に誤差が無いと仮定して説明する。

【0052】

図10 (a) は、従来のアークスタート処理における $TS 0' \sim TS 2'$ 間で、速度 FB 信号 $TV F 2 0 8$ は追従遅れがなく、完全にトーチ速度指令 $TV C 2 0 1$ に追従した場合を示している。図10 (b) は縦軸を位置成分としたものである。

【0053】

図10 (a)、図10 (b) において、時刻 $TS 1'$ ($= 0.4$) で、トーチは母材 107 に接触し、短絡が検出され、減速を開始し、時刻 $TS 2'$ ($= 0.6$) で停止するものとする。

【0054】

図10 (b) の縦軸は、時刻 $TS 2'$ までの移動量を 100% としており、時刻 $TS 1'$ の短絡した時点での移動量は 75% である。

【0055】

しかし、実際には、図7 (a) から (c) で示したように、速度 FB 信号 $TV F 2 0 8$

はトーチ速度指令TVC201に対し追従遅れが発生するので、速度FB信号TVF208が短絡する時刻、つまり図10(b)の75%に到達する時刻TS1'は遅れることになる。

【0056】

図11(a)は、KFF=0の時のトーチ速度指令TVC201と速度FB信号TVF208の関係を示したものである。

【0057】

図11(a)において、トーチ速度指令TVC201は、時刻0.2迄は加速し、その後一定速になる。この間、速度FB信号TVF208は追従遅れによる誤差が蓄積し、トーチ速度指令TVC201が短絡位置に到達する時刻0.4になっても、短絡位置には到達しない。短絡が発生しないので、トーチ速度指令TVC201は減速せず、一定値を保持する。その後、ようやく時刻0.47(TS1'で図示)に達して、速度FB信号TVF208は短絡位置に達するので、トーチ速度指令TVC201は減速に転じて0まで減速する。

【0058】

しかし、この後も追従遅れが発生し、速度FB信号TVF208が0に減速するまでトーチは下降する。

【0059】

図12(a)は図11(a)の縦軸をトーチ位置で表したものであり、縦軸は追従遅れがない場合を示した図10(b)の時刻TS2'までの移動量を100%としている。

【0060】

図12(a)において、位置FB信号TPF204はトーチ位置指令TPC203に対してのオーバーシュートは少ないが、追従遅れが原因して短絡時刻TS1'が遅れたことにより、時刻TS2'での移動量は、図10(b)の移動量(100%)に対して17.6%増加している。つまり、下降の移動量が大きくなり、ワイヤ101が母材107へ余分に突っ込むことになるため、ワイヤ101が挫屈する可能性が発生する。

【0061】

図11(c)、図12(c)はKFF=1.0の時の波形を示したものである。

【0062】

図11(c)において、速度オーバーシュートが13.3%であり、KFF=0の時と比べてオーバーシュートが増加しているが、追従遅れは少なくなり、最大誤差は13.3%に減少している。

【0063】

図12(c)は、図11(a)の縦軸をトーチ位置で表したものであり、縦軸は追従遅れがない場合を示した図10(b)の時刻TS2'までの移動量を100%としている。

【0064】

図12(c)においては、位置FB信号TPF204はトーチ位置指令TPC203に対してのオーバーシュートはKFF=0の時と比べ増加しているが、追従遅れが少ないため短絡時刻TS1'はほとんど遅延せず、時刻TS2'での移動量は、図10(b)の移動量(100%)に対してのオーバーシュートは3.1%に減少している。

【0065】

以上の結果より、従来のアークスタート処理におけるTS0'からTS2'の間では、TS1'で短絡を検出してから減速を始めるため、速度オーバーシュートが大きくても、追従遅れが小さい方、つまりKFF=1.0と設定した時の方が、TS1'の短絡検出後の移動量を小さくでき、溶接ワイヤ101の挫屈の危険性が少なくなることがわかる。

【0066】

しかし、溶接開始点であるTS0'の以後に必要な速度追従性を重視し、KFF=1.0と設定すると、待避位置から溶接開始点TS0'への移動動作におけるオーバーシュート量が増加することになり、意図しない時点で溶接ワイヤ101の先端が母材107に接触し、溶接ワイヤ101の挫屈やスパッタ発生の可能性が生じてしまい、速度追従性の向

上とオーバーシュートの抑制の両方を満たすようにF F ゲインK F F の調整を行うことは困難である。

【0067】

以上説明したように、従来の方式では、方向反転時の振動とトーチ速度の追従遅れが原因となり、溶接ワイヤ101が母材107に必要以上に押しつけられる可能性があるため、T S 0' からT S 4' 間のトーチの加減速を落とさざるを得ない。このため、アーク発生シーケンスによる無駄時間が長くなる可能性が大きい。

【0068】

本発明は、従来の消耗電極式溶接方法が有していたアーク発生シーケンスの無駄時間を、溶接ワイヤの挫屈やスパッタを発生させることなく削減することができる消耗電極式溶接方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0069】

上記目的を達成するために、本発明の溶接システムは、溶接ワイヤを溶接トーチへ送給するワイヤ送給手段と、前記溶接トーチを保持し、かつ溶接トーチを移動するアクチュエータと、位置制御系を有しており前記アクチュエータを駆動制御する制御装置と、被溶接物と溶接ワイヤとの間に溶接出力を加える溶接電源装とを備えた溶接システムであって、前記アクチュエータにより溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に移動し、溶接ワイヤの被溶接物に対する速度を制御し、前記制御装置は、前記位置制御系とは別に、溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に前記アクチュエータを移動する専用の引き離し制御系を備えるものである。

【0070】

また、本発明の消耗電極式溶接方法は、溶接ワイヤを溶接トーチへ送給するワイヤ送給手段と、前記溶接トーチを保持し、かつ溶接トーチを移動するアクチュエータと、位置制御系を有しており前記アクチュエータを制御する制御装置と、被溶接物と溶接ワイヤとの間に溶接出力を加える溶接電源装置を備えた溶接システムを用いて、溶接ワイヤを送給しながら前記アクチュエータにより溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に移動し、溶接ワイヤの被溶接物に対する速度を制御する消耗電極式溶接方法であって、前記制御装置は、前記位置制御系とは別に、溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に前記アクチュエータを制御するための専用の引き離し制御系を備えることを特徴とする。

【0071】

この方法によれば、溶接開始時は、アクチュエータがトーチを引き離す一方向の動作で溶接ワイヤの被溶接物に対する速度を制御できるので、トーチ速度の反転による振動は発生せず、また、専用の引き離し制御系を用いて溶接トーチを移動するアクチュエータの速度追従性を高めることにより、応答時間および加減速時間が従来のものに比べて短縮できる。そして、通常の位置決めにおいては、専用の引き離し制御系による制御を行わないことにより、引き離し制御系によるオーバーシュートの発生を防止する。

【発明の効果】

【0072】

以上のように、本発明は、溶接開始時に専用の引き離し制御系を用いて制御されるアクチュエータにより溶接トーチを被溶接物から引き離す方向に移動させることにより、従来の消耗電極式溶接方法が有していたアーク発生シーケンスの無駄時間を削減してタクトタイムを短縮することや、溶接始端部での溶接ワイヤの挫屈やスパッタの発生を防止し、所謂「チョコ停」を効果的に削減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0073】

(実施の形態1)

以下、本発明の一実施の形態について、図1から図3および図7と図8を用いて説明する。

【0074】

まず、図 2 と図 3 を用いて本実施の形態における溶接システムの構成とアークスタートの過程について説明し、次いで、図 1 と図 7、図 8 を用いて、本実施の形態におけるロボット制御装置 10 の位置制御ループについて説明する。

【0075】

図 2 は本実施の形態における溶接システムの概要を示す構成図で、1 は消耗電極である溶接ワイヤであり、ワイヤスプール 2 からワイヤ送給モータ 3 により溶接トーチ 4 の方向に繰り出されるようになっている。

【0076】

5 は溶接電源装置であり、この溶接電源装置 5 は、溶接トーチ 4 および溶接チップ 6 を経由して溶接ワイヤ 1 と被溶接物である母材 7 との間に所定の溶接電流 I 及び溶接電圧 V を印加してアーク 8 を発生させるとともに、ワイヤ送給モータ 3 を制御して溶接施工を行うものである。

【0077】

9 はロボットマニピュレータであり、このロボットマニピュレータ 9 は、溶接トーチ 4 を保持し、溶接開始位置（図示せず）に位置決めを行うと共に溶接線（図示せず）に沿って溶接トーチ 4 を移動させるものである。

【0078】

また、ロボットマニピュレータ 9 はロボット制御装置 10 により制御されており、このロボット制御装置 10 は、溶接電源装置 5 との間で双方向通信 S を行い、溶接電流 I や溶接電圧 V などの溶接諸条件や、溶接の開始や終了指令を送信するものである。

【0079】

図 3 は、縦方向に、溶接トーチ 4 の移動速度 TV 、溶接ワイヤ 1 の送給速度 WF 、短絡判定信号 A/S 、溶接電流 I 、溶接電圧 V の各状況を表し、また、横軸に時間を表すものであり、タイミングとして、溶接開始信号がロボット制御装置 10 から溶接電源装置 5 に送信された時刻を $TS0$ としており、以後 $TS1$ から $TS5$ は、それぞれのタイミングを表している。なお、時刻 $TS0$ において、溶接トーチ 4 は溶接開始位置に位置する。また、後述するように、 $TS1$ は溶接ワイヤ 1 と母材 7 が接触する時刻を示し、 $TS2$ は溶接ワイヤ 1 を母材 7 に押しつける方に加わる力がゼロとなる、すなわち溶接トーチ 4 の引き上げ速度と溶接ワイヤ 1 の送給速度が釣り合う時刻を示し、 $TS3$ は溶接ワイヤ 1 と母材 7 との短絡が解除される時刻を示し、 $TS4$ は溶接トーチ 4 の高さが所定の高さとなり溶接トーチ 4 の引き上げが完了した時刻を示し、 $TS5$ はワイヤの速度 WF が所定の速度になった時刻を示している。

【0080】

図 3 において、本実施の形態では、溶接開始信号がロボット制御装置 10 から溶接電源装置 5 に送信される（ $TS0$ ）と、溶接電源装置 5 は溶接ワイヤ 1 と母材 7 の間に無負荷電圧 $V0$ を印加すると共にワイヤ送給モータ 3 を起動して溶接ワイヤ 1 を母材 7 に向かって加速する。

【0081】

溶接ワイヤ 1 の送給速度が初期ワイヤ速度 $W0$ に達するとワイヤ送給モータ 3 の加速を停止し、一定速度でワイヤ送給を継続する。

【0082】

やがて $TS1$ の時刻において、溶接ワイヤ 1 と母材 7 が接触すると、溶接電源装置 5 の内部にある短絡判定手段（図示せず）により、短絡判定信号 A/S が出力される。

【0083】

この短絡判定信号 A/S は、双方向通信 S によってロボット制御装置 10 に伝達され、ロボット制御装置 10 は直ちにロボットマニピュレータ 9 を溶接トーチ 4 が母材 7 から概ね離れる方向への動作を開始し、溶接トーチ 4 の引き上げ動作を行う。

【0084】

$TS1$ から $TS3$ の間は初期短絡期間であり、この間、溶接ワイヤ 1 は初期ワイヤ速度 $W0$ での送給が継続され、ロボットマニピュレータ 9 は溶接トーチ 4 の引き上げ動作を継

続するので、溶接ワイヤ1の先端部の速度は、図中の波線で示すように、ワイヤ速度WFとトーチ速度TVとが合成された速度となる。

【0085】

よって、TS1以降の溶接ワイヤ1の先端は、図中の波線が示す合成速度がゼロとなるTS2までの間は母材7に押しつけられることとなるが、TS2以降は合成速度が負に転じるので押しつけ量は減少して行き、やがてTS3の時点で短絡が解除される。TS3は、溶接ワイヤ1の押し付け量である三角形fghの面積よりも引き上げ量である三角形hjiの面積が上回った時刻である。

【0086】

なお、溶接電源装置5は、時刻TS1において、初期短絡が発生すると溶接電流IをI1に制御し、所定の時間経過後に電流をI2に増加して短絡開放を待つ。

【0087】

初期短絡期間の第1段階として、溶接電流Iを比較的低く設定されたI1に制御する理由は、初期短絡によって溶接ワイヤ1の先端部のジュール加熱により溶接ワイヤ1が溶融し、アークの発生と同時に溶融した溶接ワイヤ1が飛散してスパッタとなるのを防止するためである。

【0088】

また、電流をI1からI2に変化させる理由は、時刻TS3で短絡解放時にアークを発生させるのに十分なエネルギーを与えるためである。

【0089】

なお、TS1で短絡検出し、その後の溶接トーチ4の引き上げ動作において、溶接トーチ4の速度TVに追従遅れが生じ、溶接トーチ4の引き上げ速度TVが溶接ワイヤ1の速度WFを上回る時間、つまり合成速度が負に転じる時間が余分にかかった場合、その間も溶接ワイヤ1は供給され続けるので、溶接ワイヤ1の押し付け量が過大となり、溶接ワイヤ1が挫屈する可能性がある。

【0090】

また、発明が解決しようとする課題で説明した従来例でTS1'の減速位置が前もってわからないことと同様、TS1の短絡検出時刻を予め教示することはできないので、追従遅れを見越して前もって引き上げ動作をすることは出来ない。

【0091】

そこで、溶接ワイヤ1の押し付け量を少なくするため、トーチ速度TVの追従遅れを少なくすることが必要となる。なお、本実施の形態の溶接方法は、図5を用いて説明した時刻TS0'における位置から溶接トーチ104が母材107側にも移動する従来例とは異なり、時刻TS0における位置からの溶接トーチ4の動作方向は、母材7から離れる方向のみであるので、従来例で示したような速度方向が変わることによる振動が原因となる挫屈の心配はない。

【0092】

また、溶接トーチ4と溶接ワイヤ1の合成速度は一定である方が好ましいので、速度追従誤差を最小にするように調整すれば良い。

【0093】

一方、ロボットマニピュレータ9の通常動作や位置決めにおいて、TS0の時刻で、母材7を供給するために待避位置にあった溶接トーチ4は、ロボット制御装置10がロボットマニピュレータ9を駆動することにより溶接開始位置へ移動してくる。

【0094】

この時は、溶接ワイヤ1の先端が母材7側へオーバーシュートすることなく停止することが好ましい。それは、溶接ワイヤ1の先端がオーバーシュートすると、意図しない時点で溶接ワイヤ1の先端が母材7に接触する恐れがあるからである。

【0095】

ただし、TS4以後の溶接方向への移動に関しては、軌跡精度つまり追従特性が求められるので、オーバーシュートが許容値内に収まる範囲でFFゲインを大きくすることが好

ましい。

【0096】

次に、ロボット制御装置10内に構成される本実施の形態における位置制御ループについて説明する。

【0097】

図1はロボット制御装置10内に構成される位置制御ループを示すブロック図である。なお、この図1において、図6や図9と同様の構成については同一の符号を付している。

【0098】

この図1に示す位置制御ループは、図9を用いて説明した従来例の位置制御ループに、アークスタート時のトーチ引き上げ動作のみの応答性を改善するためのトーチ引き離し制御ブロック224を設けた構成となっている。

【0099】

また、図1では、速度指令を、溶接開始における図3で示す時刻TS1からTS4迄の溶接トーチ引き上げ動作に関するトーチ引き上げ速度指令TUV C 222と、それ以外の通常動作における通常動作速度指令TNV C 223としている。

【0100】

そして、このトーチ引き離し制御ブロック224は、トーチ引き上げ速度指令TUV C 222に基づいて、溶接開始における溶接トーチ4を母材7から引き離す方向に移動させる動作の応答性を改善するためにFF（フィードフォワード）制御を行うものである。なお、このトーチ引き上げ速度指令TUV C 222は、溶接開始において、ロボット制御装置10が溶接トーチ4を母材7から引き離す方向に移動させる制御を行うときに出力される指令であり、通常動作時には出力されないものである。

【0101】

図1の制御ループにおいて、位置制御ループ216から速度ループ218に出力される速度ループ指令TV C B 206について説明すると、速度FFゲインKFF B 221が乗じられたトーチ引き上げ速度指令TUV C 222と、速度FFゲインKFF A 220が乗じられた通常動作速度指令TNV C 223とを加算し、この加算したものを（数1）で計算した速度ループ指令TCV A 200に加算することにより、速度ループ指令TV C B 206が演算される。このTV C Bを数式で表すと以下の（数4）となる。

【0102】

【数4】

$$TVCB = TVCA + KFFA \times TNVC + KFFB \times TUV C$$

ここで、速度FFゲインKFF A、KFF Bの範囲は以下の通りである。

$$0 \leq KFFA \leq 1.0$$

$$0 \leq KFFB \leq 1.0$$

また、位置制御ループ216に出力される位置指令TP C 203について説明すると、位置指令TP C 203は、トーチ引き上げ速度指令TUV C 222と通常動作速度指令TNV C 223の和を積分したものである。この位置指令TP Cを数式で表すと下記の（数5）となる。

【0103】

【数5】

$$TPC = \int (TNVC + TUV C) dt$$

なお、KFF A = KFF B = 0の時は、従来例として図6で示したFF制御が無い制御ループと同じになる。

【0104】

ここで、先にも述べたように、TS0以前とTS4以後の通常動作においては、オーバーシュートが許容値内に収まる範囲でFFゲインを大きくして追従性を改善することが好

ましい。

【0105】

そこで、通常動作速度指令 $T N V C 2 2 3$ に乗算するための速度 $F F$ ゲイン $K F F A 2 2 0$ を例えば $K F F A = 0.5$ とすると、図 7 (b)、図 8 (b) で示す追従特性となり、位置のオーバーシュートは 1 % 以下でありながら、追従特性は改善され位置最大誤差は 9.2 % に減少する。

【0106】

一方、溶接開始における図 3 に示す時刻 $T S 1$ から時刻 $T S 4$ 迄のトーチ引き上げ動作では、トーチ速度 $T V$ の追従遅れを少なくし、速度追従誤差を最小にすることが必要である。そこで、トーチ引き上げ速度指令 $T U V C 2 2 2$ に乗算するための速度 $F F$ ゲイン $K F F B$ を例えば $K F F B = 1.0$ とすると、図 7 (c)、図 8 (c) で示す追従特性となり、速度の追従遅れと最大誤差を最小化出来る。

【0107】

以上のように、ロボット制御装置 10 の位置制御ループを図 1 に示すトーチ引き離し制御ブロック 224 を設けた構成とし、トーチ引き上げ速度指令 $T U V C 2 2 2$ と通常動作速度指令 $T N V C 2 2 3$ とを別個に入力するものとし、トーチ引き上げ速度指令 $T U V C 2 2 2$ は溶接開始においてロボット制御装置 10 が溶接トーチ 4 を母材 7 から引き離す方向に移動させる制御を行うときにのみ出力され通常動作時には出力されないものとする。ことで、溶接開始時に、トーチ引き離し制御ブロック 224 により溶接トーチ 4 の移動の速度追従性を高めることができるので、アーク発生シーケンスの無駄時間を削減することができる。溶接ワイヤ 4 の挫屈やスパッタの発生を防ぐことができる。

【0108】

また、通常動作時にはトーチ引き上げ速度指令 $T U V C 2 2 2$ が出力されないので、通常動作時にトーチ引き離し制御ブロック 224 によるオーバーシュートが発生することなく通常動作を行うことができる。

【0109】

すなわち、図 1 に示す位置制御ループを構成することにより、溶接開始における $T S 1$ から $T S 4$ 迄のトーチ引き上げ動作と、それ以外の通常動作における速度追従特性を最適に調整することが出来る。

【0110】

なお、本実施の形態の制御方法では、上述したように、溶接開始時の時刻 $T S 0$ における位置からの溶接トーチ 4 の動作方向は、母材 7 から離れる方向のみであるので、従来例のように溶接トーチ 4 の速度方向が反転することにより溶接トーチ 4 の振動が発生して溶接ワイヤ 1 が挫屈する心配はない。

【0111】

また、溶接トーチ 4 を溶接方向に動作させながらアークスタートをさせるような場合には、溶接方向動作とトーチ引き上げ動作とが同時に行われるが、このような場合でも、速度指令を、溶接開始における図 3 で示す時刻 $T S 1$ から $T S 4$ 迄の溶接トーチ引き上げ動作に関するトーチ引き上げ速度指令 $T U V C 2 2 2$ と、それ以外の通常動作における通常動作速度指令 $T N V C 2 2 3$ と別個にしているので、溶接方向動作とトーチ引き上げ動作との速度追従特性を各々最適に調整することが出来る。なお、トーチ引き上げ速度指令 $T U V C 2 2 2$ と通常動作速度指令 $T N V C 2 2 3$ とを別個にせず、一つの速度指令とし $F F$ ゲインを変化させる方式では、 $F F$ ゲインの適切な変化が困難であり、溶接方向に動作させながらアークスタートをさせることは難しい。

【産業上の利用可能性】

【0112】

本発明の消耗電極式溶接方法は、従来の消耗電極式溶接方法が有していたアーク発生シーケンスの無駄時間を削減してタクトタイムを短縮すると共に、溶接始端部でのワイヤ挫屈やスパッタの発生を防止し、所謂「チョコ停」を効果的に削減することができるので、例えば生産設備や建設用途などに用いられる消耗電極式溶接方法として産業上有用である。

【図面の簡単な説明】

【0113】

【図1】 本発明の実施の形態における位置制御ループを示すブロック図

【図2】 本発明の実施の形態に用いる溶接システムの概略構成図

【図3】 本発明の実施の形態におけるアークスタート時のタイミングチャート

【図4】 従来技術に用いる溶接システムの概略構成図

【図5】 従来技術におけるアークスタート時のタイミングチャート

【図6】 従来技術における位置制御ループを示すブロック図

【図7】 (a) 通常動作におけるフィードフォワードゲインが0である時のトーチの速度指令とフィードバックの関係を示すグラフ (b) 通常動作におけるフィードフォワードゲインが0.5である時のトーチの速度指令とフィードバックの関係を示すグラフ (c) 通常動作におけるフィードフォワードゲインが1である時のトーチの速度指令とフィードバックの関係を示すグラフ

【図8】 (a) 通常動作におけるフィードフォワードゲインが0である時のトーチの位置指令とフィードバックの関係を示すグラフ (b) 通常動作におけるフィードフォワードゲインが0.5である時のトーチの位置指令とフィードバックの関係を示すグラフ (c) 通常動作におけるフィードフォワードゲインが1である時のトーチの位置指令とフィードバックの関係を示すグラフ

【図9】 従来技術におけるフィードフォワード制御を加えた位置制御ループを示すブロック図

【図10】 (a) トーチ引き上げ動作における追従遅れがない場合のトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ速度で表したグラフ (b) トーチ引き上げ動作における追従遅れがない場合のトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ位置で表したグラフ

【図11】 (a) フィードフォワードゲインが0である時のトーチ引き上げ動作におけるトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ速度で表したグラフ (b) フィードフォワードゲインが0.5である時のトーチ引き上げ動作におけるトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ速度で表したグラフ (c) フィードフォワードゲインが1である時のトーチ引き上げ動作におけるトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ速度で表したグラフ

【図12】 (a) フィードフォワードゲインが0である時のトーチ引き上げ動作におけるトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ位置で表したグラフ (b) フィードフォワードゲインが0.5である時のトーチ引き上げ動作におけるトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ位置で表したグラフ (c) フィードフォワードゲインが1である時のトーチ引き上げ動作におけるトーチの速度指令とフィードバックの関係を時間とトーチ位置で表したグラフ

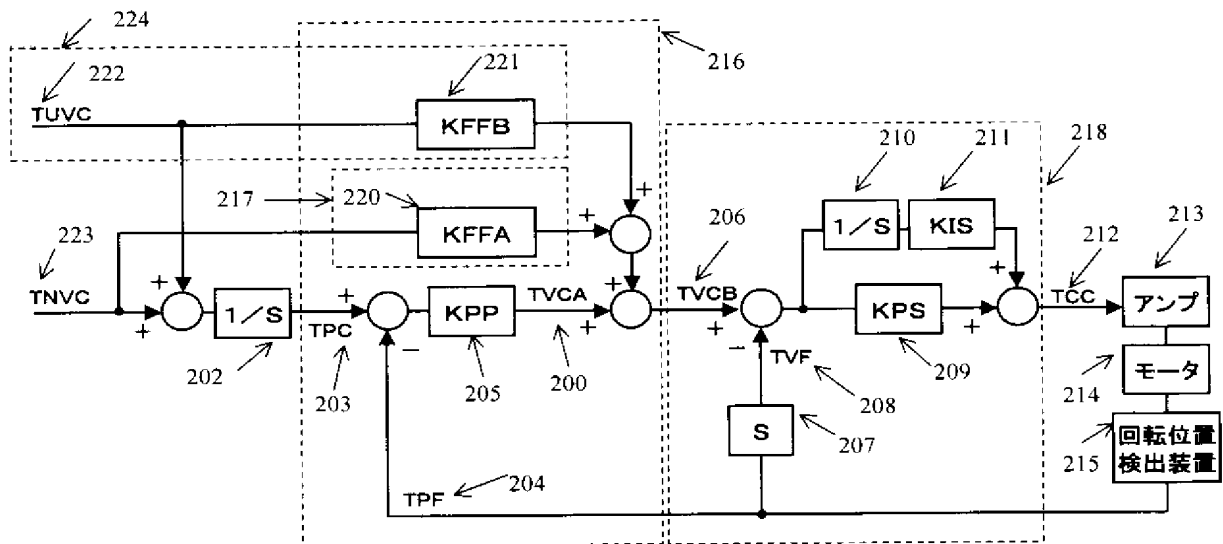
【符号の説明】

【0114】

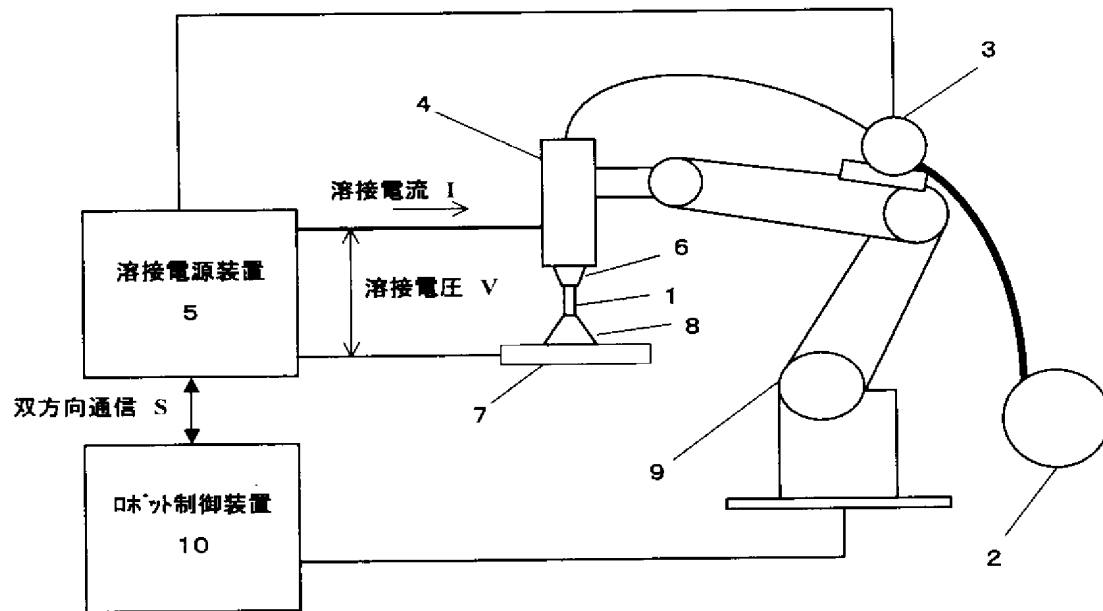
- 1 溶接ワイヤ
- 3 ワイヤ送給モータ
- 4 溶接トーチ
- 5 溶接電源装置
- 7 母材
- 8 アーク
- 9 ロボットマニピレータ
- 10 ロボット制御装置
- 200 速度ループ指令 TVCA
- 201 トーチ速度指令 TVC
- 202 積分要素

2 0 3	トーチ位置指令	T P C
2 0 4	微分要素	
2 0 5	位置ループゲイン	K P P
2 0 6	速度ループ指令	T V C B
2 0 7	微分要素	
2 0 8	トーチ速度F B 信号	T V F
2 0 9	速度ループ比例ゲイン	K P S
2 1 0	積分要素	
2 1 1	速度ループ積分ゲイン	K I S
2 1 2	電流指令	T C C
2 1 3	電流アンプ	
2 1 4	モータ	
2 1 5	回転位置検出装置	
2 1 6	位置制御ループ	
2 1 7	F F 制御ブロック	
2 1 8	速度ループ	
2 1 9	速度F F ゲイン	K F F
2 2 0	速度F F ゲイン	K F F A
2 2 1	速度F F ゲイン	K F F B
2 2 2	トーチ引き上げ速度指令	T U V C
2 2 3	通常動作速度指令	T N V C
2 2 4	トーチ引き離し制御ブロック	

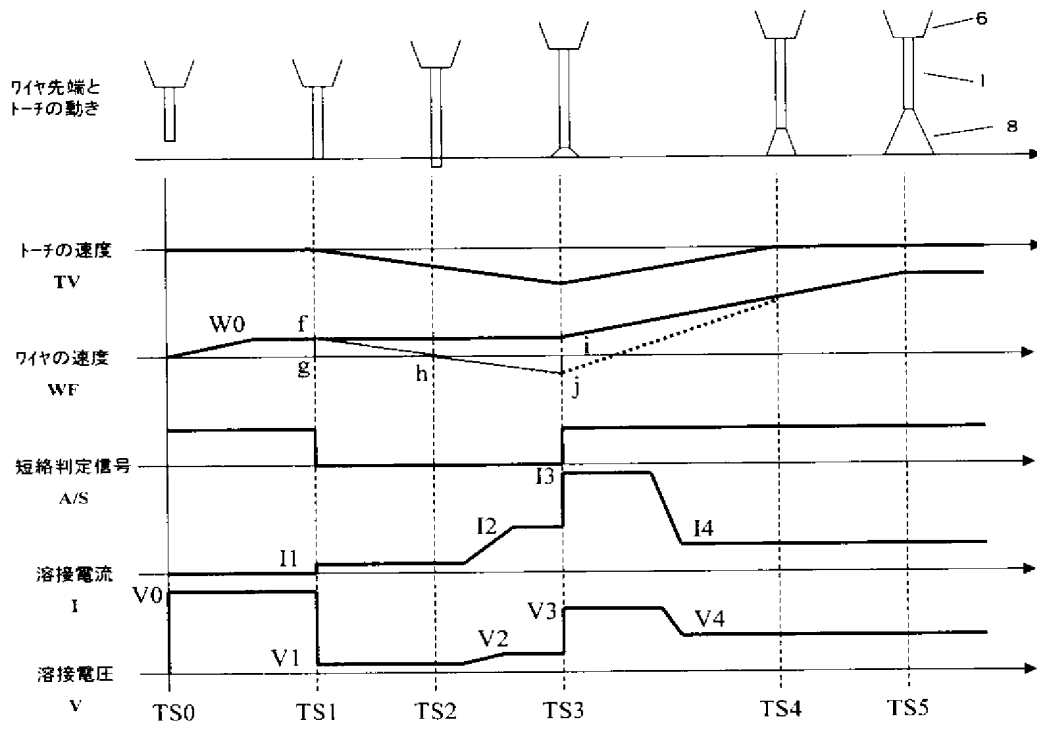
【図 1】



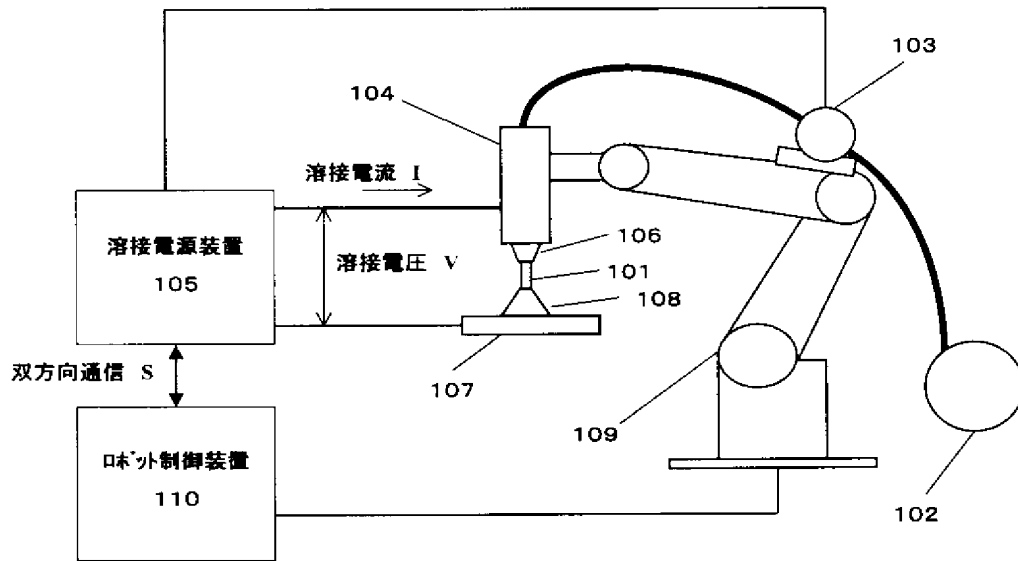
【図 2】



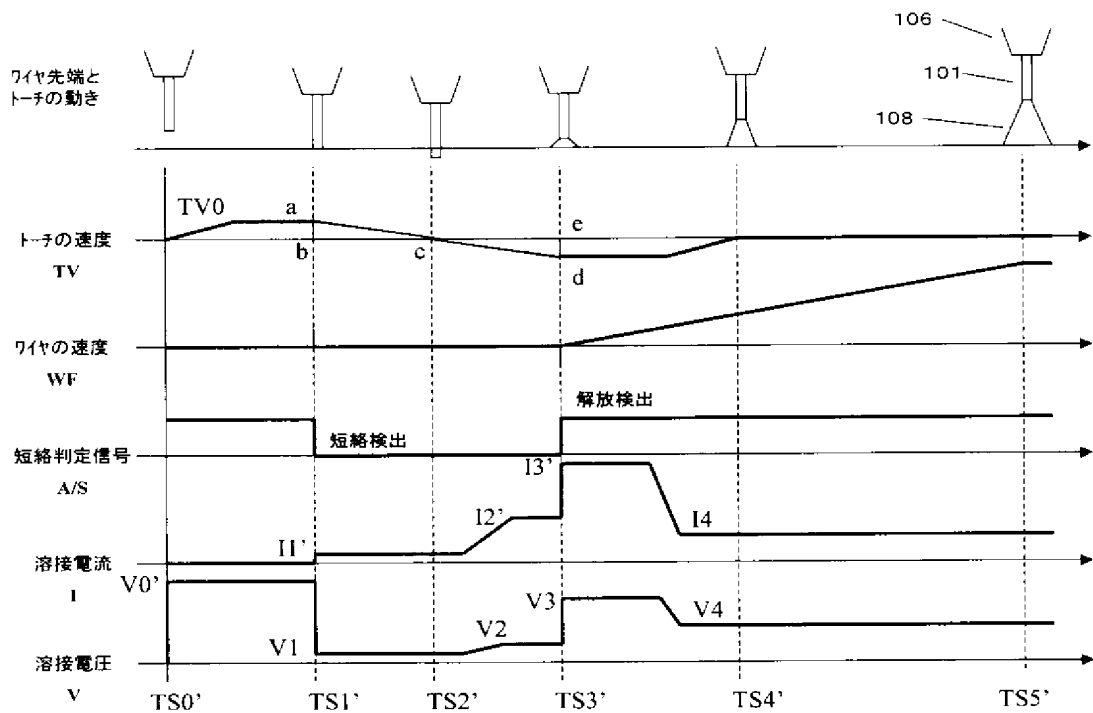
【図 3】



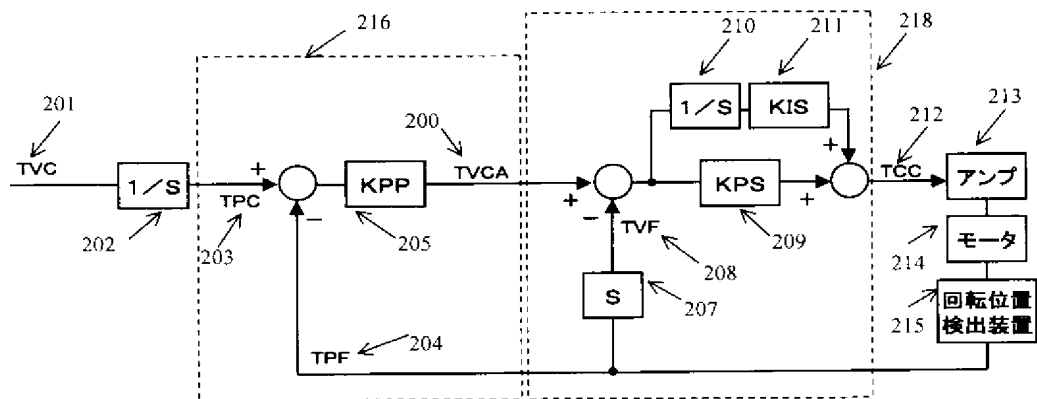
【図 4】

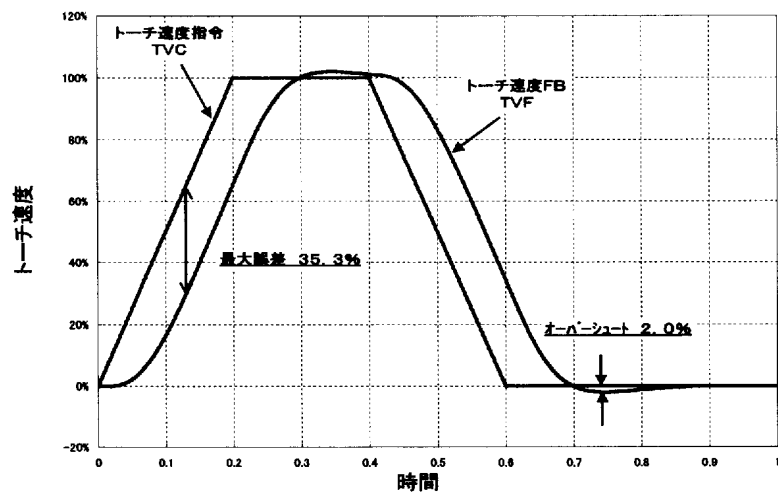


【図 5】

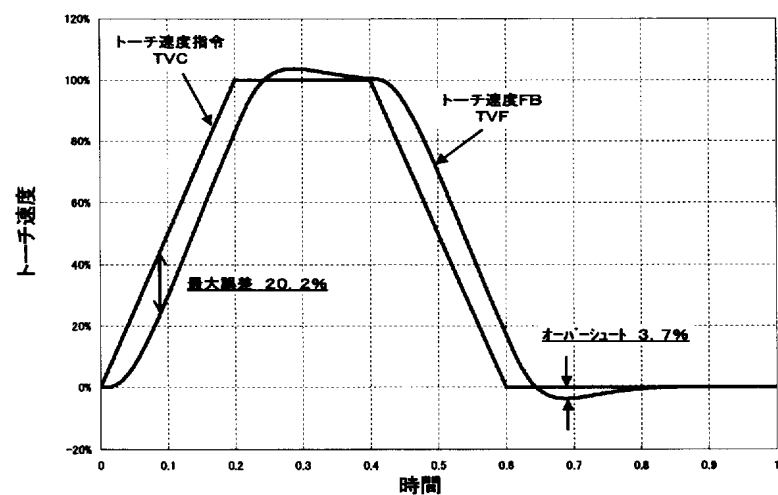


【図 6】

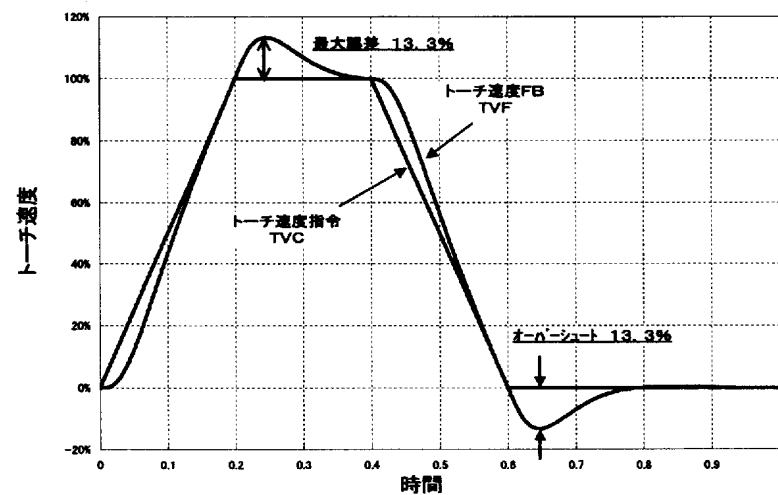




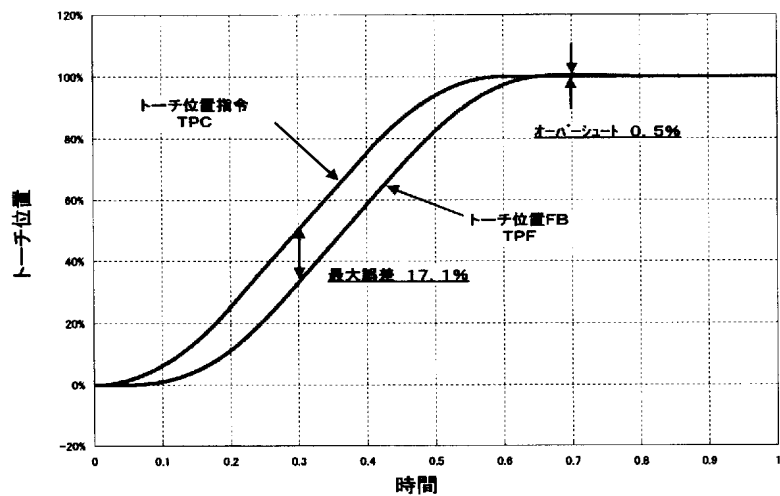
(a) FF制御無し ($KFF=0$)



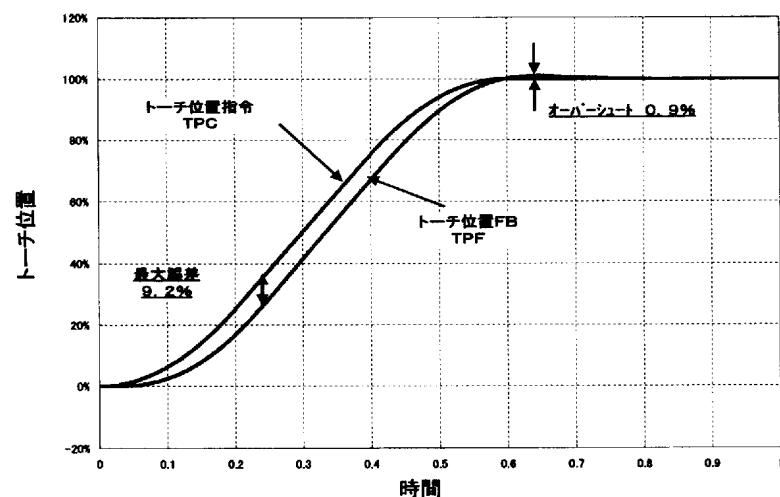
(b) $KFF=0.5$



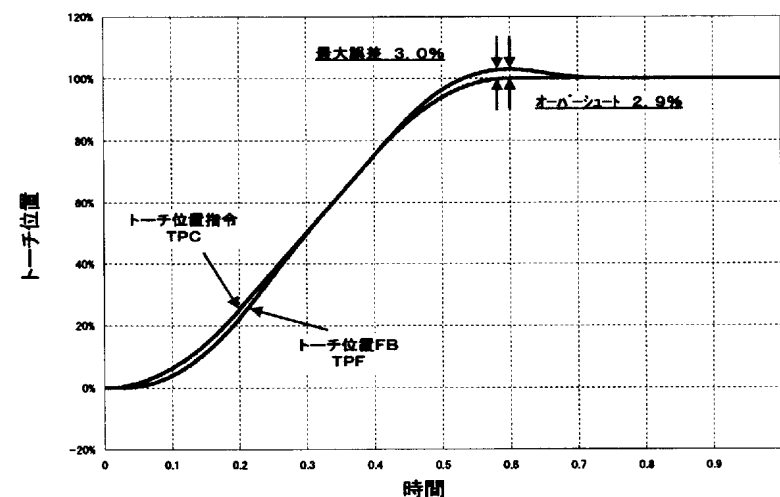
(c) $KFF=1.0$



(a) FF制御無し($KFF=0$)

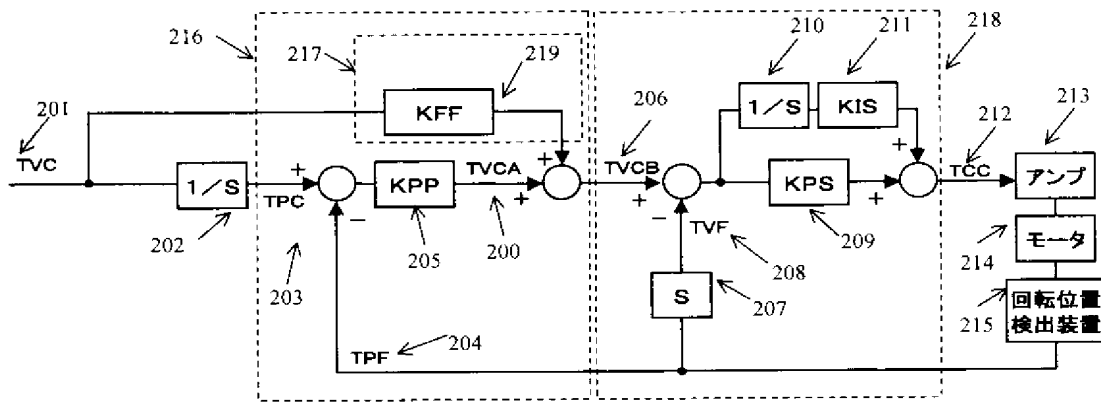


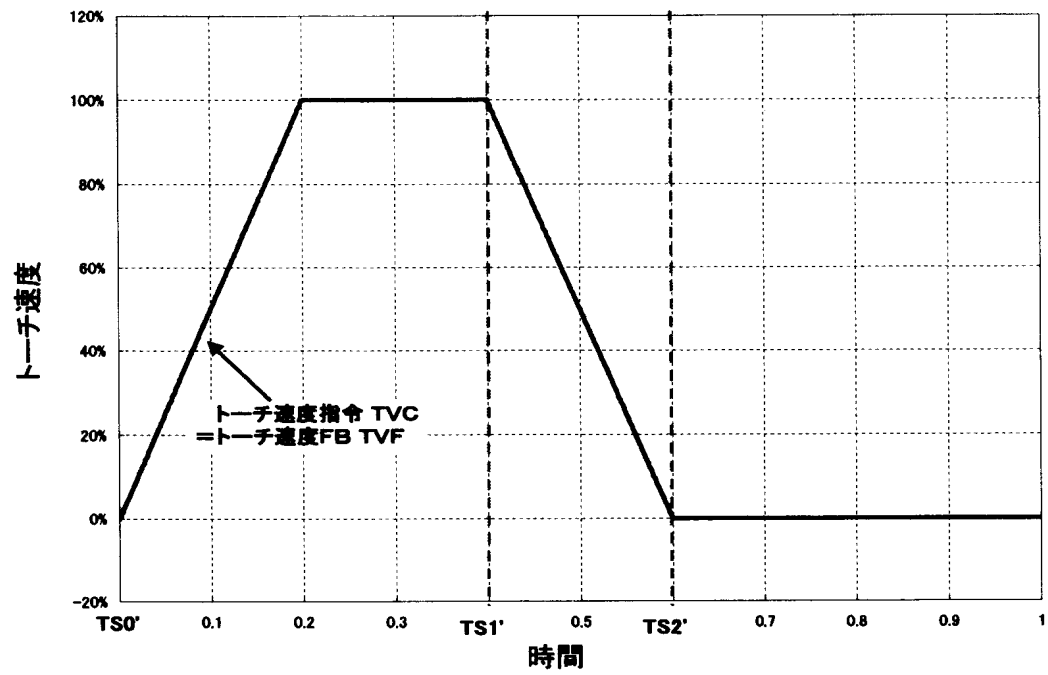
(b) $KFF=0.5$



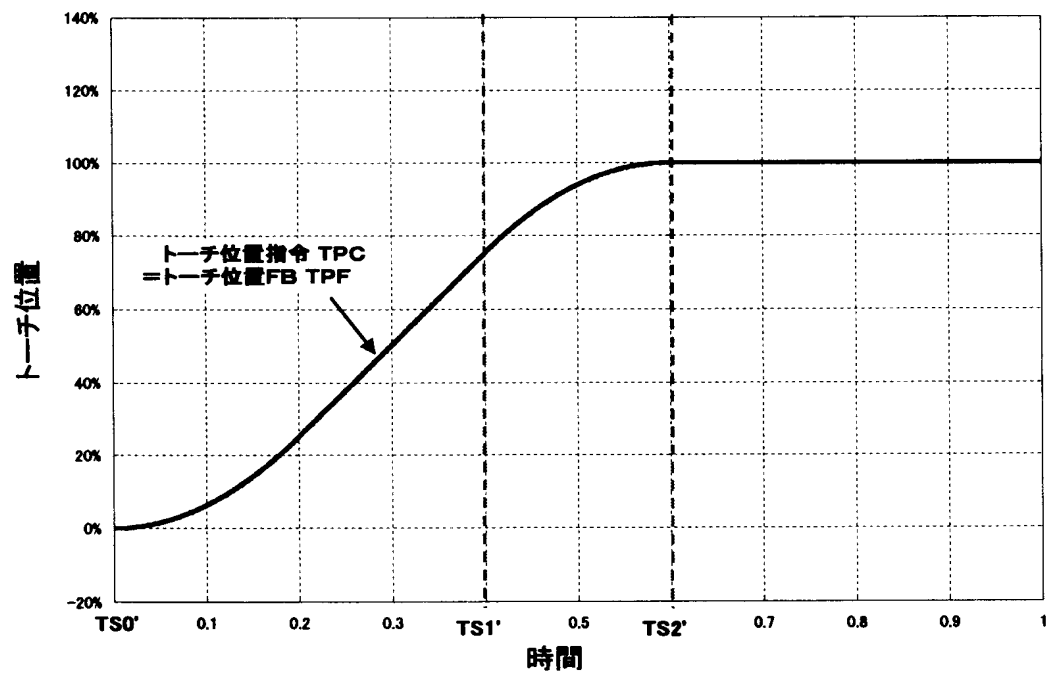
(c) $KFF=1.0$

【図 9】

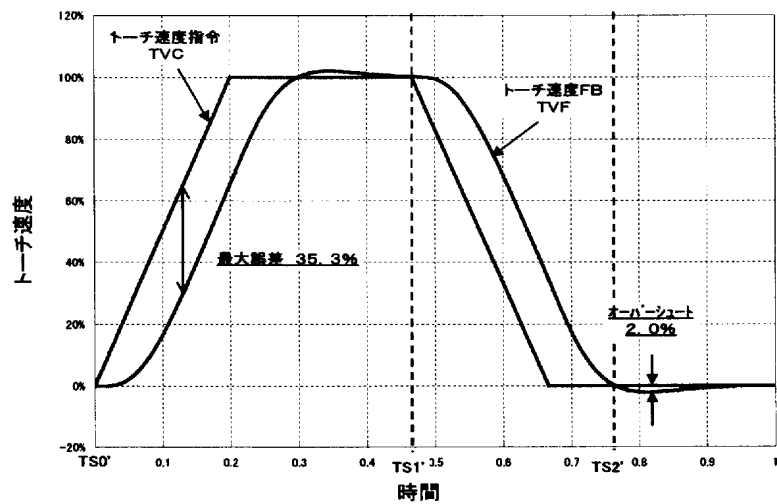




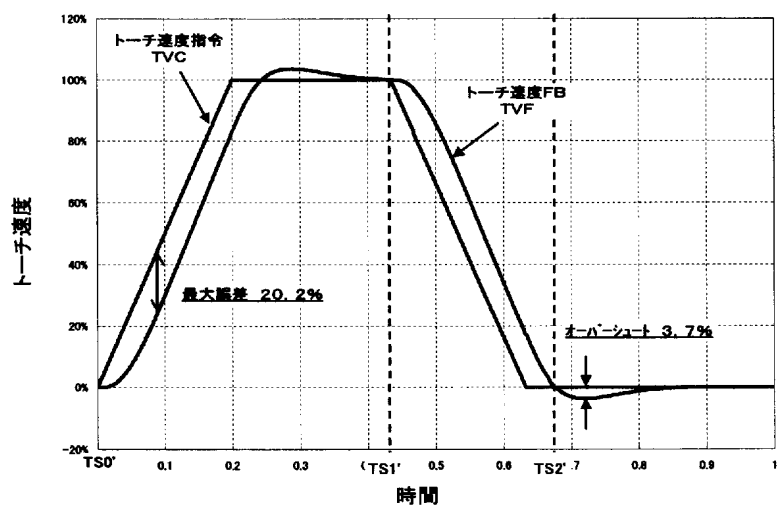
(a) 追従遅れ=0



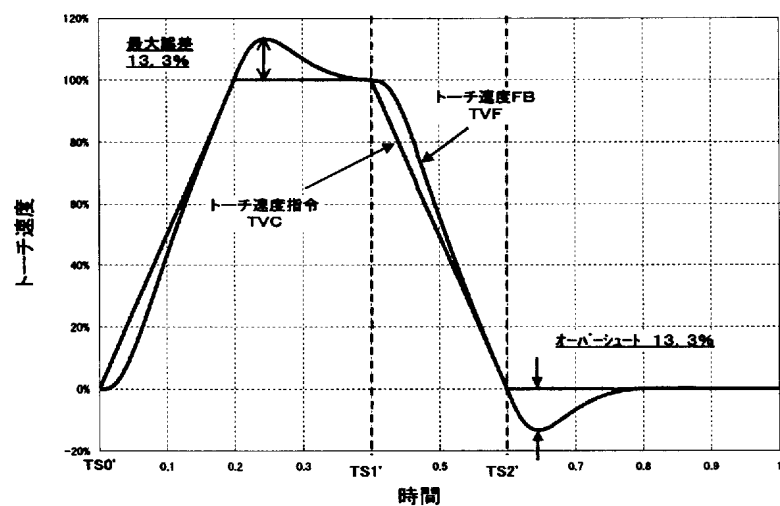
(b) 追従遅れ=0



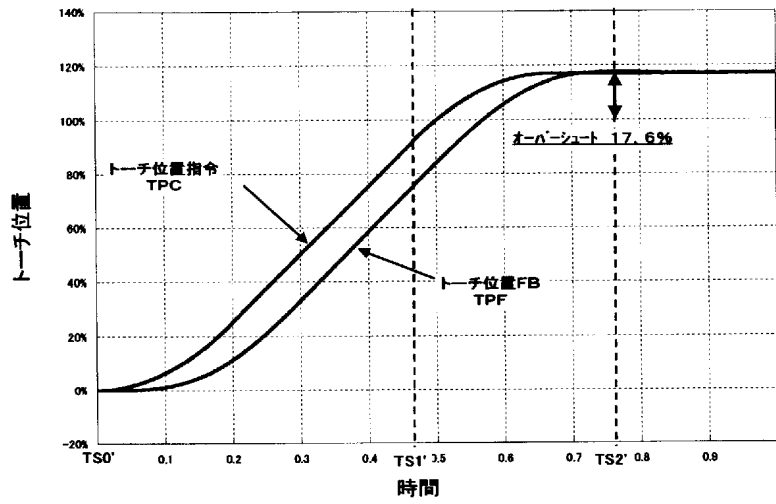
(a) KFF=0



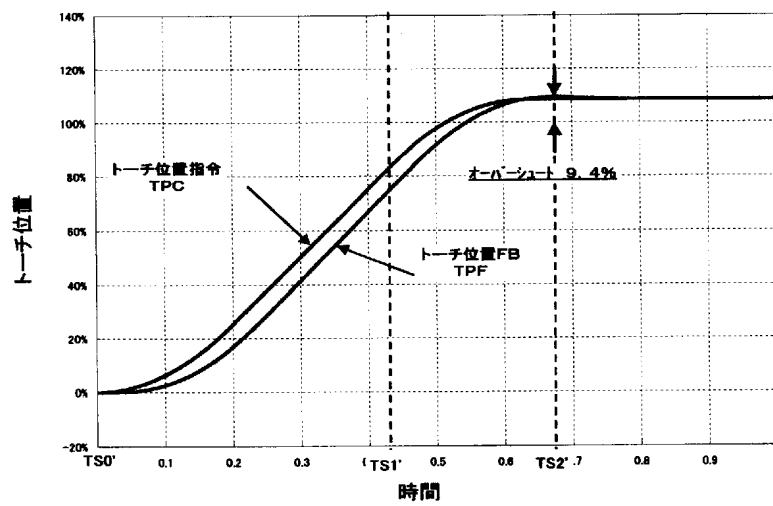
(b) KFF=0.5



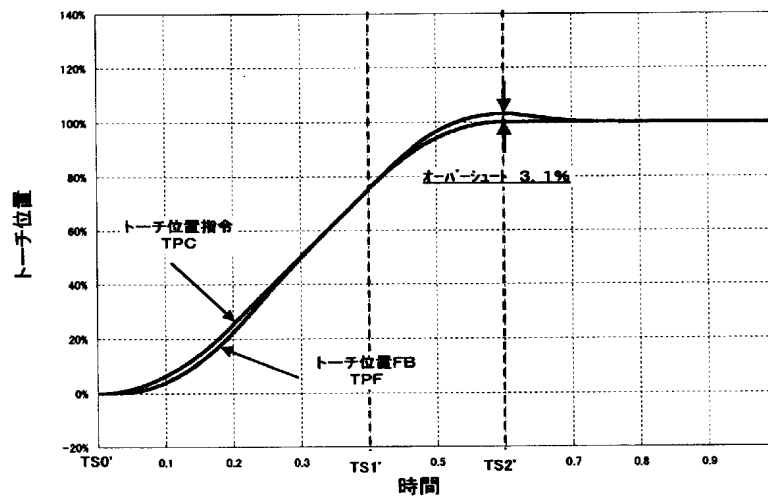
(c) KFF=1.0



(a) $KFF=0$



(b) $KFF=0.5$



(c) $KFF=1.0$

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の消耗電極式溶接方法ではロボットマニピュレータの反転動作を必要とするので方向反転時の振動と速度の追従遅れが原因となり、ワイヤが母材に必要以上に押しつけられる可能性があるためマニピュレータの加減速時間を長くせざるを得ず、アーク発生シーケンスによる無駄時間が長くなる課題を有していた。

【解決手段】 ワイヤを送給しながらロボットマニピュレータによりトーチを母材7から引き離す方向に移動させることにより、ロボットマニピュレータを駆動するアクチュエータがトーチを引き離す一方向の動作でワイヤの被溶接物に対する速度を制御でき、トーチ速度反転による振動は発生しない。また、専用の引き離し制御系を用いることにより、通常動作時のオーバーシュートを大きくさせることなくトーチを移動するアクチュエータの速度追従性を高め、マニピュレータの加減速時間を短縮できる。

【選択図】 図1

出願人履歴

0 0 0 0 0 5 8 2 1

19900828

新規登録

大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地

松下電器産業株式会社